05｜get hands dirty：做一个图片服务器有多难？

2021-09-01 陈天

《陈天 · Rust 编程第一课》 课程介绍 >

讲述：陈天
时长 17:59 大小 16.48M

你好，我是陈天。

上一讲我们只用了百来行代码就写出了 HTTPie 这个小工具，你是不是有点意犹未尽，今天我们就来再写一个实用的小例子，看看 Rust 还能怎么玩。

再说明一下，代码看不太懂完全没有关系，先不要强求理解，跟着我的节奏一行行写就好，**先让自己的代码跑起来，感受 Rust 和自己常用语言的区别，看看代码风格是什么样的，就可以了**。

今天的例子是我们在工作中都会遇到的需求：构建一个 Web Server，对外提供某种服务。类似上一讲的 HTTPie ，我们继续找一个已有的开源工具用 Rust 来重写，但是今天来挑战一个稍大一点的项目：构建一个类似 Thumbor 的图片服务器。

Thumbor

Thumbor 是 Python 下的一个非常著名的图片服务器，被广泛应用在各种需要动态调整图片尺寸的场合里。

它可以通过一个很简单的 HTTP 接口，实现图片的动态剪切和大小调整，另外还支持文件存储、替换处理引擎等其他辅助功能。我在之前的创业项目中还用过它，非常实用，性能也还不错。

我们看它的例子：

```
1 http://<thumbor-server>/300x200/smart/thumbor.readthedocs.io/en/latest/_images
```

复制代码

在这个例子里，Thumbor 可以对这个图片最后的 URL 使用 smart crop 剪切，并调整大小为 300x200 的尺寸输出，用户访问这个 URL 会得到一个 300x200 大小的缩略图。

我们今天就来实现它最核心的功能，对图片进行动态转换。你可以想一想，如果用你最熟悉的语言，要实现这个服务，怎么设计，需要用到些什么库，大概用多少行代码？如果用 Rust 的话，又大概会多少行代码？

带着你自己的一些想法，开始用 Rust 构建这个工具吧！目标依旧是，用大约 200 行代码实现我们的需求。

设计分析

既然是图片转换，最基本的肯定是要支持各种各样的转换功能，比如调整大小、剪切、加水印，甚至包括图片的滤镜但是，**图片转换服务的难点其实在接口设计上**，如何设计一套易用、简洁的接口，让图片服务器未来可以很轻松地扩展。

为什么这么说，你想如果有一天，产品经理来找你，突然想让原本只用来做缩略图的图片服务，支持老照片的滤镜效果，你准备怎么办？

Thumbor 给出的答案是，把要使用的处理方法的接口，按照一定的格式、一定的顺序放在 URL 路径中，不使用的图片处理方法就不放：

复制代码

```
/hmac/trim/AxB:CxD/(adaptative-)(full-)fit-in/-Ex-F/HALIGN/VALIGN/smart/filter
```

但这样不容易扩展，解析起来不方便，也很难满足对图片做多个有序操作的要求，比如对某个图片我想先加滤镜再加水印，对另一个图片我想先加水印再加滤镜。

另外，如果未来要加更多的参数，一个不小心，还很可能和已有的参数冲突，或者造成 API 的破坏性更新（breaking change）。作为开发者，我们永远不要低估产品经理那颗什么奇葩想法都有的躁动的心。

所以，在构思这个项目的时候，**我们需要找一种更简洁且可扩展的方式，来描述对图片进行的一系列有序操作**，比如说：先做 resize，之后对 resize 的结果添加一个水印，最后统一使用一个滤镜。

这样的有序操作，对应到代码中，可以用列表来表述，列表中每个操作可以是一个 enum，像这样：

复制代码

```
// 解析出来的图片处理的参数
struct ImageSpec {
    specs: Vec<Spec>
}

// 每个参数的是我们支持的某种处理方式
enum Spec {
    Resize(Resize),
    Crop(Crop),
    ...
}

// 处理图片的 resize
struct Resize {
    width: u32,
    height: u32
}
```

现在需要的数据结构有了，刚才分析了 thumbor 使用的方式拓展性不好，**那我们如何设计一个任何客户端可以使用的、体现在 URL 上的接口，使其能够解析成我们设计的数据结构呢**？

使用 querystring 么？虽然可行，但它在图片处理步骤比较复杂的时候，容易无序增长，比如我们要对某个图片做七八次转换，这个 querystring 就会非常长。

我这里的思路是使用 protobuf。protobuf 可以描述数据结构，几乎所有语言都有对 protobuf 的支持。当用 protobuf 生成一个 image spec 后，我们可以将其序列化成字节流。但字节流无法放在 URL 中，怎么办？我们可以用 base64 转码！

顺着这个思路，来试着写一下描述 image spec 的 protobuf 消息的定义：

复制代码

```
message ImageSpec { repeated Spec specs = 1; }

message Spec {
  oneof data {
    Resize resize = 1;
    Crop crop = 2;
    ...
  }
}

...
```

这样我们就可以在 URL 中，嵌入通过 protobuf 生成的 base64 字符串，来提供可扩展的图片处理参数。处理过的 URL 长这个样子：

复制代码

```
http://localhost:3000/image/CgoKCAjYBBCgBiADCgY6BAgUEBQKBDICCAM/<encoded origi
```

CgoKCAjYBBCgBiADCgY6BAgUEBQKBDICCAM 描述了我们上面说的图片的处理流程：先做 resize，之后对 resize 的结果添加一个水印，最后统一使用一个滤镜。它可以用下面的代码实现：

复制代码

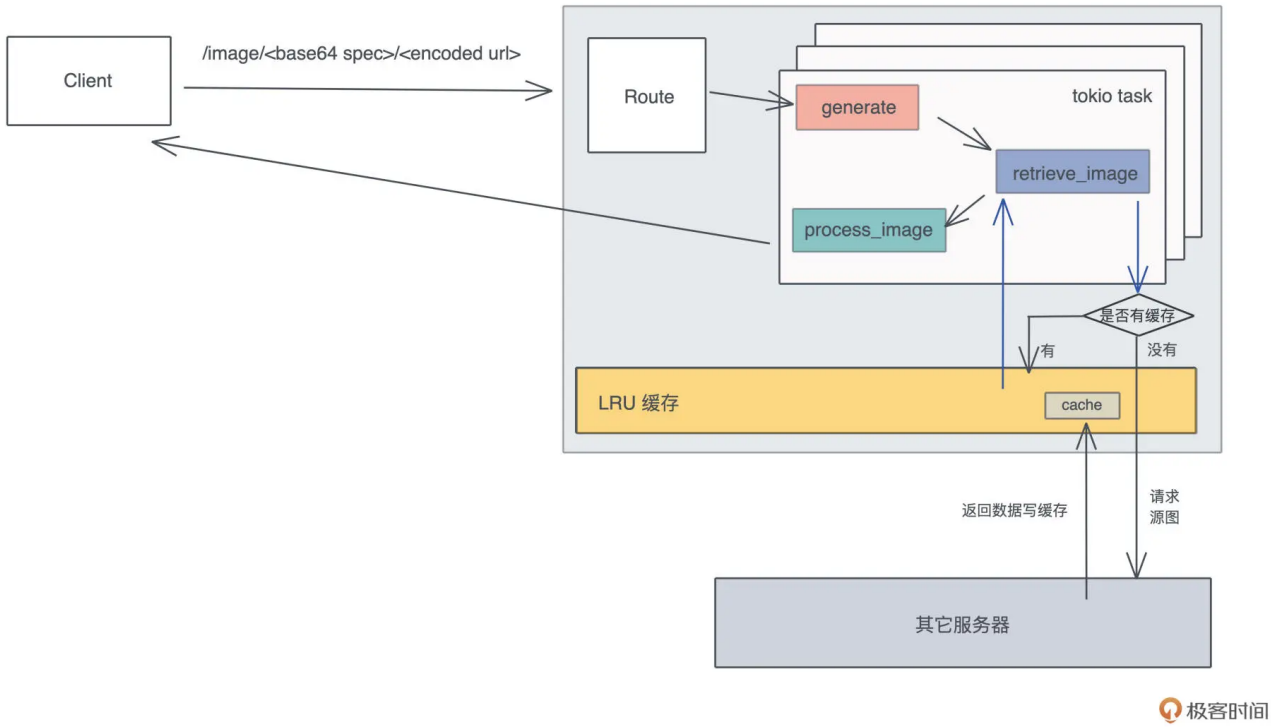
```
fn print_test_url(url: &str) {
    use std::borrow::Borrow;
    let spec1 = Spec::new_resize(600, 800, resize::SampleFilter::CatmullRom);
    let spec2 = Spec::new_watermark(20, 20);
    let spec3 = Spec::new_filter(filter::Filter::Marine);

```

```
    let image_spec = ImageSpec::new(vec![spec1, spec2, spec3]);
    let s: String = image_spec.borrow().into();
    let test_image = percent_encode(url.as_bytes(), NON_ALPHANUMERIC).to_strin
    println!("test url: http://localhost:3000/image/{}/{}", s, test_image);
}
```

使用 protobuf 的好处是，序列化后的结果比较小巧，而且任何支持 protobuf 的语言都可以生成或者解析这个接口。

好，接口我们敲定好，接下来就是做一个 HTTP 服务器提供这个接口。在 HTTP 服务器对 /image 路由的处理流程里，我们需要从 URL 中获取原始的图片，然后按照 image spec 依次处理，最后把处理完的字节流返回给用户。

在这个流程中，显而易见能够想到的优化是，**为原始图片的获取过程，提供一个 LRU（Least Recently Used）缓存**，因为访问外部网络是整个路径中最缓慢也最不可控的环节。



分析完后，是不是感觉 thumbor 也没有什么复杂的？不过你一定会有疑问：200 行代码真的可以完成这么多工作么？我们先写着，完成之后再来统计一下。

protobuf 的定义和编译

这个项目我们需要很多依赖，就不一一介绍了，未来在你的学习、工作中，大部分依赖你都会渐渐遇到和使用到。

我们照样先 “cargo new thumbor” 生成项目，然后在项目的 Cargo.toml 中添加这些依赖：

复制代码

```
[dependencies]
axum = "0.2" # web 服务器
anyhow = "1" # 错误处理
base64 = "0.13" # base64 编码/解码
bytes = "1" # 处理字节流
image = "0.23" # 处理图片
lazy_static = "1" # 通过宏更方便地初始化静态变量
lru = "0.6" # LRU 缓存
percent-encoding = "2" # url 编码/解码
photon-rs = "0.3" # 图片效果
prost = "0.8" # protobuf 处理
reqwest = "0.11" # HTTP cliebnt
serde = { version = "1", features = ["derive"] } # 序列化/反序列化数据
tokio = { version = "1", features = ["full"] } # 异步处理
tower = { version = "0.4", features = ["util", "timeout", "load-shed", "limit"
tower-http = { version = "0.1", features = ["add-extension", "compression-full
tracing = "0.1" # 日志和追踪
tracing-subscriber = "0.2" # 日志和追踪

[build-dependencies]
prost-build = "0.8" # 编译 protobuf
```

在项目根目录下，生成一个 abi.proto 文件，写入我们支持的图片处理服务用到的数据结构：

复制代码

```
syntax = "proto3";

package abi; // 这个名字会被用作编译结果，prost 会产生：abi.rs

// 一个 ImageSpec 是一个有序的数组，服务器按照 spec 的顺序处理
message ImageSpec { repeated Spec specs = 1; }

// 处理图片改变大小
message Resize {
  uint32 width = 1;
  uint32 height = 2;
```

```
  enum ResizeType {
    NORMAL = 0;
    SEAM_CARVE = 1;
  }

  ResizeType rtype = 3;

  enum SampleFilter {
    UNDEFINED = 0;
    NEAREST = 1;
    TRIANGLE = 2;
    CATMULL_ROM = 3;
    GAUSSIAN = 4;
    LANCZOS3 = 5;
  }

  SampleFilter filter = 4;
}

// 处理图片截取
message Crop {
  uint32 x1 = 1;
  uint32 y1 = 2;
  uint32 x2 = 3;
  uint32 y2 = 4;
}

// 处理水平翻转
message Fliph {}
// 处理垂直翻转
message Flipv {}
// 处理对比度
message Contrast { float contrast = 1; }
// 处理滤镜
message Filter {
  enum Filter {
    UNSPECIFIED = 0;
    OCEANIC = 1;
    ISLANDS = 2;
    MARINE = 3;
    // more: https://docs.rs/photon-rs/0.3.1/photon_rs/filters/fn.filter.html
  }
  Filter filter = 1;
}

// 处理水印
message Watermark {
  uint32 x = 1;
  uint32 y = 2;
}

// 一个 spec 可以包含上述的处理方式之一
```

```
message Spec {
  oneof data {
    Resize resize = 1;
    Crop crop = 2;
    Flipv flipv = 3;
    Fliph fliph = 4;
    Contrast contrast = 5;
    Filter filter = 6;
    Watermark watermark = 7;
  }
}


```

这包含了我们支持的图片处理服务，以后可以轻松扩展它来支持更多的操作。

protobuf 是一个向下兼容的工具，所以在服务器不断支持更多功能时，还可以和旧版本的客户端兼容。在 Rust 下，我们可以用 prost 来使用和编译 protobuf。同样，在项目根目录下，创建一个 build.rs，写入以下代码：

复制代码

```
fn main() {
    prost_build::Config::new()
        .out_dir("src/pb")
        .compile_protos(&["abi.proto"], &["."])
        .unwrap();
}
```

build.rs 可以在编译 cargo 项目时，做额外的编译处理。这里我们使用 prost_build 把 abi.proto 编译到 src/pb 目录下。

这个目录现在还不存在，你需要 `mkdir src/pb` 创建它。运行 `cargo build`，你会发现在 src/pb 下，有一个 abi.rs 文件被生成出来，这个文件包含了从 protobuf 消息转换出来的 Rust 数据结构。我们先不用管 prost 额外添加的各种标记宏，就把它们当成普通的数据结构使用即可。

接下来，我们创建 src/pb/mod.rs，第三讲说过，**一个目录下的所有代码，可以通过 mod.rs 声明**。在这个文件中，我们引入 abi.rs，并且撰写一些辅助函数。这些辅助函数主要是为了，让 ImageSpec 可以被方便地转换成字符串，或者从字符串中恢复。

另外，我们还写了一个测试确保功能的正确性，你可以 cargo test 测试一下。记得在 main.rs 里添加 mod pb; 引入这个模块。

复制代码

```
use base64::{decode_config, encode_config, URL_SAFE_NO_PAD};
use photon_rs::transform ::SamplingFilter;
use prost::Message;
use std::convert::TryFrom;

mod abi; // 声明 abi.rs
pub use abi::*;

impl ImageSpec {
    pub fn new(specs: Vec<Spec>) -> Self {
        Self { specs }
    }
}

// 让 ImageSpec 可以生成一个字符串
impl From<&ImageSpec> for String {
    fn from(image_spec: &ImageSpec) -> Self {
        let data = image_spec.encode_to_vec();
        encode_config(data, URL_SAFE_NO_PAD)
    }
}

// 让 ImageSpec 可以通过一个字符串创建。比如 s.parse().unwrap()
impl TryFrom<&str> for ImageSpec {
    type Error = anyhow::Error;

    fn try_from(value: &str) -> Result<Self, Self::Error> {
        let data = decode_config(value, URL_SAFE_NO_PAD)?;
        Ok(ImageSpec::decode(&data[..])?)
    }
}

// 辅助函数，photon_rs 相应的方法里需要字符串
impl filter::Filter {
    pub fn to_str(&self) -> Option<&'static str> {
        match self {
            filter::Filter::Unspecified => None,
            filter::Filter::Oceanic => Some("oceanic"),
            filter::Filter::Islands => Some("islands"),
            filter::Filter::Marine => Some("marine"),
        }
    }
}

// 在我们定义的 SampleFilter 和 photon_rs 的 SamplingFilter 间转换
impl From<resize::SampleFilter> for SamplingFilter {
```

```
47      fn from(v: resize::SampleFilter) -> Self {
48          match v {
49              resize::SampleFilter::Undefined => SamplingFilter::Nearest,
50              resize::SampleFilter::Nearest => SamplingFilter::Nearest,
51              resize::SampleFilter::Triangle => SamplingFilter::Triangle,
52              resize::SampleFilter::CatmullRom => SamplingFilter::CatmullRom,
53              resize::SampleFilter::Gaussian => SamplingFilter::Gaussian,
54              resize::SampleFilter::Lanczos3 => SamplingFilter::Lanczos3,
55          }
56      }
57  }
58
59  // 提供一些辅助函数，让创建一个 spec 的过程简单一些
60  impl Spec {
61      pub fn new_resize_seam_carve(width: u32, height: u32) -> Self {
62          Self {
63              data: Some(spec::Data::Resize(Resize {
64                  width,
65                  height,
66                  rtype: resize::ResizeType::SeamCarve as i32,
67                  filter: resize::SampleFilter::Undefined as i32,
68              })),
69          }
70      }
71
72      pub fn new_resize(width: u32, height: u32, filter: resize::SampleFilter) -
73          Self {
74              data: Some(spec::Data::Resize(Resize {
75                  width,
76                  height,
77                  rtype: resize::ResizeType::Normal as i32,
78                  filter: filter as i32,
79              })),
80          }
81      }
82
83      pub fn new_filter(filter: filter::Filter) -> Self {
84          Self {
85              data: Some(spec::Data::Filter(Filter {
86                  filter: filter as i32,
87              })),
88          }
89      }
90
91      pub fn new_watermark(x: u32, y: u32) -> Self {
92          Self {
93              data: Some(spec::Data::Watermark(Watermark { x, y })),
94          }
95      }
96  }
97
98  #[cfg(test)]
```

```
mod tests {
    use super::*;
    use std::borrow::Borrow;
    use std::convert::TryInto;

    #[test]
    fn encoded_spec_could_be_decoded() {
        let spec1 = Spec::new_resize(600, 600, resize::SampleFilter::CatmullRo
        let spec2 = Spec::new_filter(filter::Filter::Marine);
        let image_spec = ImageSpec::new(vec![spec1, spec2]);
        let s: String = image_spec.borrow().into();
        assert_eq!(image_spec, s.as_str().try_into().unwrap());
    }
}
```

引入 HTTP 服务器

处理完和 protobuf 相关的内容，我们来处理 HTTP 服务的流程。Rust 社区有很多高性能的 Web 服务器，比如 actix-web 、 rocket 、 warp ，以及最近新出的 axum。我们就来用新鲜出炉的 axum 做这个服务器。

根据 axum 的文档，我们可以构建出下面的代码：

复制代码

```
use axum::{extract::Path, handler::get, http::StatusCode, Router};
use percent_encoding::percent_decode_str;
use serde::Deserialize;
use std::convert::TryInto;

// 引入 protobuf 生成的代码，我们暂且不用太关心他们
mod pb;

use pb::*;

// 参数使用 serde 做 Deserialize，axum 会自动识别并解析
#[derive(Deserialize)]
struct Params {
    spec: String,
    url: String,
}

#[tokio::main]
async fn main() {
    // 初始化 tracing
    tracing_subscriber::fmt::init();

```

```
    // 构建路由
    let app = Router::new()
        // `GET /image` 会执行 generate 函数，并把 spec 和 url 传递过去
        .route("/image/:spec/:url", get(generate));

    // 运行 web 服务器
    let addr = "127.0.0.1:3000".parse().unwrap();
    tracing::debug!("listening on {}", addr);
    axum::Server::bind(&addr)
        .serve(app.into_make_service())
        .await
        .unwrap();
}

// 目前我们就只把参数解析出来
async fn generate(Path(Params { spec, url }): Path<Params>) -> Result<String,
    let url = percent_decode_str(&url).decode_utf8_lossy();
    let spec: ImageSpec = spec
        .as_str()
        .try_into()
        .map_err(|_| StatusCode::BAD_REQUEST)?;
    Ok(format!("url: {}\n spec: {:#?}", url, spec))
}
```

把它们添加到 main.rs 后，使用 `cargo run` 运行服务器。然后我们就可以用上一讲做的 HTTPie 测试（eat your own dog food）：

复制代码

```
httpie get "http://localhost:3000/image/CgoKCAjYBBCgBiADCgY6BAgUEBQKBDICCAM/ht
HTTP/1.1 200 OK

content-type: "text/plain"
content-length: "901"
date: "Wed, 25 Aug 2021 18:03:50 GMT"

url: https://images.pexels.com/photos/2470905/pexels-photo-2470905.jpeg?auto=c
 spec: ImageSpec {
    specs: [
        Spec {
            data: Some(
                Resize(
                    Resize {
                        width: 600,
                        height: 800,
                        rtype: Normal,
                        filter: CatmullRom,
                    },
                ),
```

```
            ),
        },
        Spec {
            data: Some(
                Watermark(
                    Watermark {
                        x: 20,
                        y: 20,
                    },
                ),
            ),
        },
        Spec {
            data: Some(
                Filter(
                    Filter {
                        filter: Marine,
                    },
                ),
            ),
        },
    ],
```

Wow，Web 服务器的接口部分我们已经能够正确处理了。

写到这里，如果出现的语法让你觉得迷茫，不要担心。因为我们还没有讲所有权、类型系统、泛型等内容，所以很多细节你会看不懂。今天这个例子，你只要跟我的思路走，了解整个处理流程就可以了。

获取源图并缓存

好，当接口已经可以工作之后，我们再来处理获取源图的逻辑。

根据之前的设计，需要**引入 LRU cache 来缓存源图**。一般 Web 框架都会有中间件来处理全局的状态，axum 也不例外，可以使用 AddExtensionLayer 添加一个全局的状态，这个状态目前就是 LRU cache，在内存中缓存网络请求获得的源图。

我们把 main.rs 的代码，改成下面的代码：

复制代码

```
use anyhow::Result;
use axum::{
    extract::{Extension, Path},
```

```
    handler::get,
    http::{HeaderMap, HeaderValue, StatusCode},
    AddExtensionLayer, Router,
};
use bytes::Bytes;
use lru::LruCache;
use percent_encoding::{percent_decode_str, percent_encode, NON_ALPHANUMERIC};
use serde::Deserialize;
use std::{
    collections::hash_map::DefaultHasher,
    convert::TryInto,
    hash::{Hash, Hasher},
    sync::Arc,
};
use tokio::sync::Mutex;
use tower::ServiceBuilder;
use tracing::{info, instrument};

mod pb;

use pb::*;

#[derive(Deserialize)]
struct Params {
    spec: String,
    url: String,
}
type Cache = Arc<Mutex<LruCache<u64, Bytes>>>;

#[tokio::main]
async fn main() {
    // 初始化 tracing
    tracing_subscriber::fmt::init();
    let cache: Cache = Arc::new(Mutex::new(LruCache::new(1024)));
    // 构建路由
    let app = Router::new()
        // `GET /` 会执行
        .route("/image/:spec/:url", get(generate))
        .layer(
            ServiceBuilder::new()
                .layer(AddExtensionLayer::new(cache))
                .into_inner(),
        );

    // 运行 web 服务器
    let addr = "127.0.0.1:3000".parse().unwrap();

    print_test_url("https://images.pexels.com/photos/1562477/pexels-photo-1562

    info!("Listening on {}", addr);

    axum::Server::bind(&addr)
```

```
        .serve(app.into_make_service())
        .await
        .unwrap();
}

async fn generate(
    Path(Params { spec, url }): Path<Params>,
    Extension(cache): Extension<Cache>,
) -> Result<(HeaderMap, Vec<u8>), StatusCode> {
    let spec: ImageSpec = spec
        .as_str()
        .try_into()
        .map_err(|_| StatusCode::BAD_REQUEST)?;

    let url: &str = &percent_decode_str(&url).decode_utf8_lossy();
    let data = retrieve_image(&url, cache)
        .await
        .map_err(|_| StatusCode::BAD_REQUEST)?;

    // TODO: 处理图片

    let mut headers = HeaderMap::new();

    headers.insert("content-type", HeaderValue::from_static("image/jpeg"));
    Ok((headers, data.to_vec()))
}

#[instrument(level = "info", skip(cache))]
async fn retrieve_image(url: &str, cache: Cache) -> Result<Bytes> {
    let mut hasher = DefaultHasher::new();
    url.hash(&mut hasher);
    let key = hasher.finish();

    let g = &mut cache.lock().await;
    let data = match g.get(&key) {
        Some(v) => {
            info!("Match cache {}", key);
            v.to_owned()
        }
        None => {
            info!("Retrieve url");
            let resp = reqwest::get(url).await?;
            let data = resp.bytes().await?;
            g.put(key, data.clone());
            data
        }
    };

    Ok(data)
}

// 调试辅助函数
```

```
fn print_test_url(url: &str) {
    use std::borrow::Borrow;
    let spec1 = Spec::new_resize(500, 800, resize::SampleFilter::CatmullRom);
    let spec2 = Spec::new_watermark(20, 20);
    let spec3 = Spec::new_filter(filter::Filter::Marine);
    let image_spec = ImageSpec::new(vec![spec1, spec2, spec3]);
    let s: String = image_spec.borrow().into();
    let test_image = percent_encode(url.as_bytes(), NON_ALPHANUMERIC).to_strin
    println!("test url: http://localhost:3000/image/{}/{}", s, test_image);
}
```

这段代码看起来多，其实主要就是添加了 retrieve_image 这个函数。对于图片的网络请求，我们先把 URL 做个哈希，在 LRU 缓存中查找，找不到才用 reqwest 发送请求。

你可以 `cargo run` 运行一下现在的代码：

复制代码

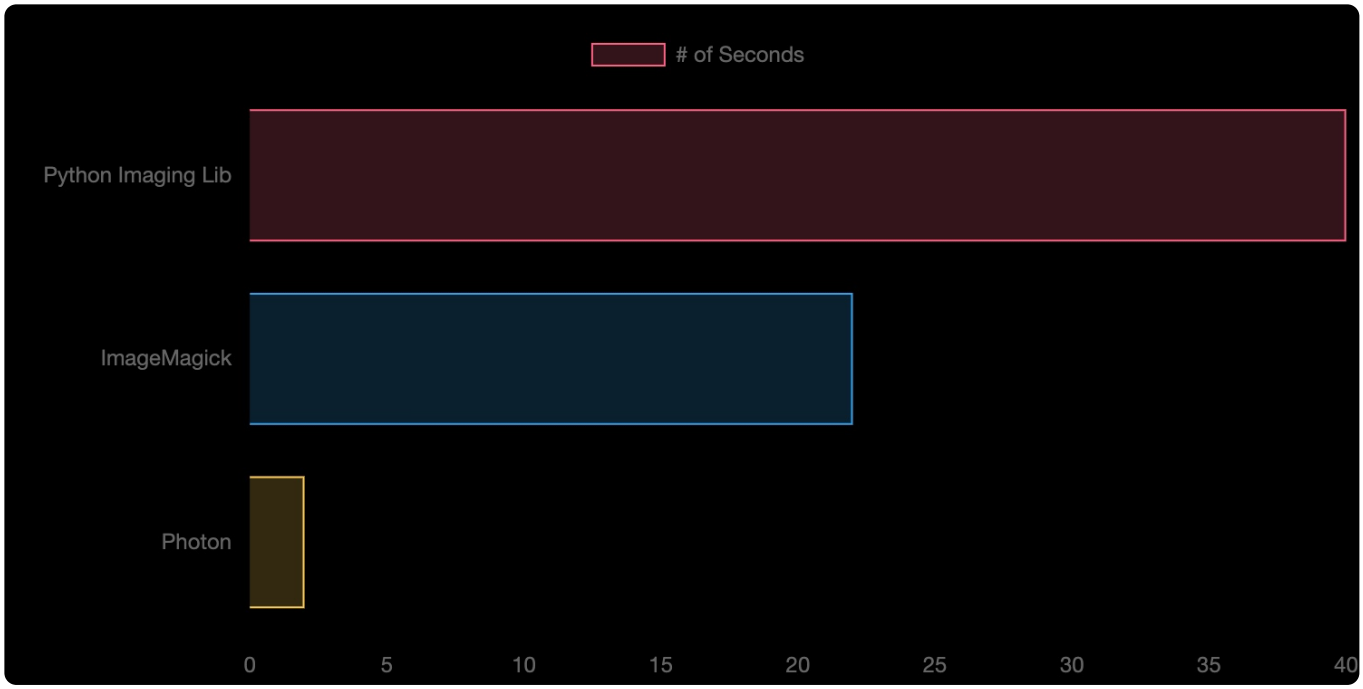
```
❯ RUST_LOG=info cargo run --quiet

test url: http://localhost:3000/image/CgoKCAj0AxCgBiADCgY6BAgUEBQKBDICCAM/http
Aug 26 16:43:45.747  INFO server2: Listening on 127.0.0.1:3000
```

为了测试方便，我放了个辅助函数可以生成一个测试 URL，在浏览器中打开后会得到一个和源图一模一样的图片。这就说明，网络处理的部分，我们就搞定了。

图片处理

接下来，我们就可以处理图片了。Rust 下有一个不错的、偏底层的 image 库，围绕它有很多上层的库，包括我们今天要使用 photon_rs。

我扫了一下它的源代码，感觉它不算一个特别优秀的库，内部有太多无谓的内存拷贝，所以性能还有不少提升空间。就算如此，从 photon_rs 自己的 benchmark 看，也比 PIL / ImageMagick 性能好太多，这也算是 Rust 性能强大的一个小小佐证吧。



因为 photo_rs 使用简单，这里我们也不太关心更高的性能，就暂且用它。然而，作为一个有追求的开发者，我们知道，有朝一日可能要用不同的 image 引擎替换它，所以我们设计一个 Engine trait：

复制代码

```
// Engine trait：未来可以添加更多的 engine，主流程只需要替换 engine
pub trait Engine {
    // 对 engine 按照 specs 进行一系列有序的处理
    fn apply(&mut self, specs: &[Spec]);
    // 从 engine 中生成目标图片，注意这里用的是 self，而非 self 的引用
    fn generate(self, format: ImageOutputFormat) -> Vec<u8>;
}
```

它提供两个方法，**apply 方法对 engine 按照 specs 进行一系列有序的处理，generate 方法从 engine 中生成目标图片。**

那么 apply 方法怎么实现呢？我们可以再设计一个 trait，这样可以为每个 Spec 生成对应处理：

复制代码

```
// SpecTransform：未来如果添加更多的 spec，只需要实现它即可
pub trait SpecTransform<T> {
    // 对图片使用 op 做 transform
    fn transform(&mut self, op: T);
}
```

好，有了这个思路，我们创建 src/engine 目录，并添加 src/engine/mod.rs，在这个文件里添加对 trait 的定义：

复制代码

```rust
use crate::pb::Spec;
use image::ImageOutputFormat;

mod photon;
pub use photon::Photon;

// Engine trait：未来可以添加更多的 engine，主流程只需要替换 engine
pub trait Engine {
    // 对 engine 按照 specs 进行一系列有序的处理
    fn apply(&mut self, specs: &[Spec]);
    // 从 engine 中生成目标图片，注意这里用的是 self，而非 self 的引用
    fn generate(self, format: ImageOutputFormat) -> Vec<u8>;
}

// SpecTransform：未来如果添加更多的 spec，只需要实现它即可
pub trait SpecTransform<T> {
    // 对图片使用 op 做 transform
    fn transform(&mut self, op: T);
}
```

接下来我们再生成一个文件 src/engine/photon.rs，对 photon 实现 Engine trait，这个文件主要是一些功能的实现细节，就不详述了，你可以看注释。

复制代码

```rust
use super::{Engine, SpecTransform};
use crate::pb::*;
use anyhow::Result;
use bytes::Bytes;
use image::{DynamicImage, ImageBuffer, ImageOutputFormat};
use lazy_static::lazy_static;
use photon_rs::{
    effects, filters, multiple, native::open_image_from_bytes, transform, Phot
};
use std::convert::TryFrom;

lazy_static! {
    // 预先把水印文件加载为静态变量
    static ref WATERMARK: PhotonImage = {
        // 这里你需要把我 github 项目下的对应图片拷贝到你的根目录
        // 在编译的时候 include_bytes! 宏会直接把文件读入编译后的二进制
```

```
        let data = include_bytes!("../../rust-logo.png");
        let watermark = open_image_from_bytes(data).unwrap();
        transform::resize(&watermark, 64, 64, transform::SamplingFilter::Neare
    };
}

// 我们目前支持 Photon engine
pub struct Photon(PhotonImage);

// 从 Bytes 转换成 Photon 结构
impl TryFrom<Bytes> for Photon {
    type Error = anyhow::Error;

    fn try_from(data: Bytes) -> Result<Self, Self::Error> {
        Ok(Self(open_image_from_bytes(&data)?))
    }
}

impl Engine for Photon {
    fn apply(&mut self, specs: &[Spec]) {
        for spec in specs.iter() {
            match spec.data {
                Some(spec::Data::Crop(ref v)) => self.transform(v),
                Some(spec::Data::Contrast(ref v)) => self.transform(v),
                Some(spec::Data::Filter(ref v)) => self.transform(v),
                Some(spec::Data::Fliph(ref v)) => self.transform(v),
                Some(spec::Data::Flipv(ref v)) => self.transform(v),
                Some(spec::Data::Resize(ref v)) => self.transform(v),
                Some(spec::Data::Watermark(ref v)) => self.transform(v),
                // 对于目前不认识的 spec，不做任何处理
                _ => {}
            }
        }
    }

    fn generate(self, format: ImageOutputFormat) -> Vec<u8> {
        image_to_buf(self.0, format)
    }
}

impl SpecTransform<&Crop> for Photon {
    fn transform(&mut self, op: &Crop) {
        let img = transform::crop(&mut self.0, op.x1, op.y1, op.x2, op.y2);
        self.0 = img;
    }
}

impl SpecTransform<&Contrast> for Photon {
    fn transform(&mut self, op: &Contrast) {
        effects::adjust_contrast(&mut self.0, op.contrast);
    }
}
```

```
69
70  impl SpecTransform<&Flipv> for Photon {
71      fn transform(&mut self, _op: &Flipv) {
72          transform::flipv(&mut self.0)
73      }
74  }
75
76  impl SpecTransform<&Fliph> for Photon {
77      fn transform(&mut self, _op: &Fliph) {
78          transform::fliph(&mut self.0)
79      }
80  }
81
82  impl SpecTransform<&Filter> for Photon {
83      fn transform(&mut self, op: &Filter) {
84          match filter::Filter::from_i32(op.filter) {
85              Some(filter::Filter::Unspecified) => {}
86              Some(f) => filters::filter(&mut self.0, f.to_str().unwrap()),
87              _ => {}
88          }
89      }
90  }
91
92  impl SpecTransform<&Resize> for Photon {
93      fn transform(&mut self, op: &Resize) {
94          let img = match resize::ResizeType::from_i32(op.rtype).unwrap() {
95              resize::ResizeType::Normal => transform::resize(
96                  &mut self.0,
97                  op.width,
98                  op.height,
99                  resize::SampleFilter::from_i32(op.filter).unwrap().into(),
100             ),
101             resize::ResizeType::SeamCarve => {
102                 transform::seam_carve(&mut self.0, op.width, op.height)
103             }
104         };
105         self.0 = img;
106     }
107 }
108
109 impl SpecTransform<&Watermark> for Photon {
110     fn transform(&mut self, op: &Watermark) {
111         multiple::watermark(&mut self.0, &WATERMARK, op.x, op.y);
112     }
113 }
114
115 // photon 库竟然没有提供在内存中对图片转换格式的方法，只好手工实现
116 fn image_to_buf(img: PhotonImage, format: ImageOutputFormat) -> Vec<u8> {
117     let raw_pixels = img.get_raw_pixels();
118     let width = img.get_width();
119     let height = img.get_height();
120
```

```
    let img_buffer = ImageBuffer::from_vec(width, height, raw_pixels).unwrap()
    let dynimage = DynamicImage::ImageRgba8(img_buffer);

    let mut buffer = Vec::with_capacity(32768);
    dynimage.write_to(&mut buffer, format).unwrap();
    buffer
`
```

好，图片处理引擎就搞定了。这里用了一个水印图片，你可以去 GitHub repo 下载，然后放在项目根目录下。我们同样把 engine 模块加入 main.rs，并引入 Photon：

复制代码

```
mod engine;
use engine::{Engine, Photon};
use image::ImageOutputFormat;
```

还记得 src/main.rs 的代码中，我们留了一个 TODO 么？

复制代码

```
// TODO: 处理图片

let mut headers = HeaderMap::new();

headers.insert("content-type", HeaderValue::from_static("image/jpeg"));
Ok((headers, data.to_vec()))
```

我们把这段替换掉，使用刚才写好的 Photon 引擎处理：

复制代码

```
// 使用 image engine 处理
let mut engine: Photon = data
    .try_into()
    .map_err(|_| StatusCode::INTERNAL_SERVER_ERROR)?;
engine.apply(&spec.specs);

let image = engine.generate(ImageOutputFormat::Jpeg(85));

info!("Finished processing: image size {}", image.len());
let mut headers = HeaderMap::new();

headers.insert("content-type", HeaderValue::from_static("image/jpeg"));
Ok((headers, image))
```

这样整个服务器的全部流程就完成了，完整的代码可以在 GitHub repo 访问。

我在网上随手找了一张图片来测试下效果。用 `cargo build --release` 编译 thumbor 项目，然后打开日志运行：

```
RUST_LOG=info target/release/thumbor
```

复制代码

打开测试链接，在浏览器中可以看到左下角的处理后图片。（原图片来自 pexels，发布者 Min An）

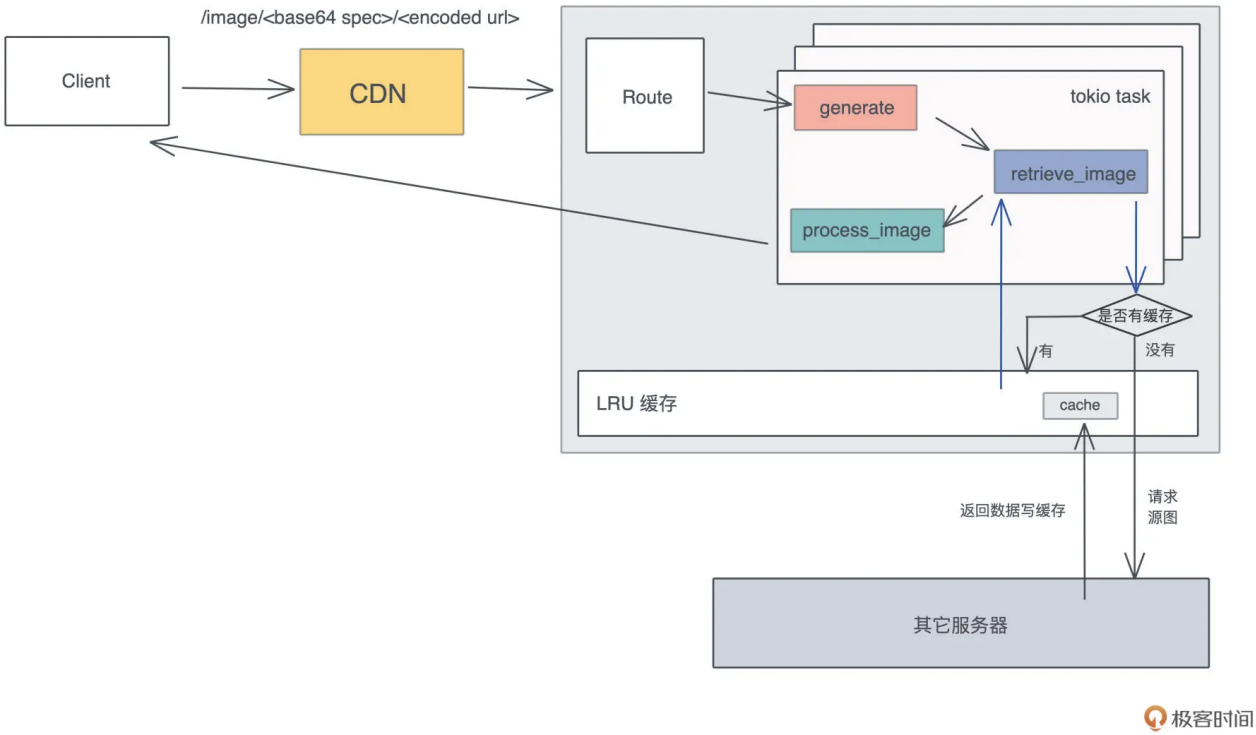
方便看对比效果，把两张图拼到一起了

成功了！这就是我们的 Thumbor 服务根据用户的请求缩小到 500x800、加了水印和 Marine 滤镜后的效果。

从日志看，第一次请求时因为没有缓存，需要请求源图，所以总共花了 400ms；如果你再刷新一下，后续对同一图片的请求，会命中缓存，花了大概 200ms。

```
1 Aug 25 15:09:28.035  INFO thumbor: Listening on 127.0.0.1:3000
2 Aug 25 15:09:30.523  INFO retrieve_image{url="<https://images.pexels.com/photo
3 Aug 25 15:09:30.950  INFO thumbor: Finished processing: image size 52674
4 Aug 25 15:09:35.037  INFO retrieve_image{url="<https://images.pexels.com/photo
5 Aug 25 15:09:35.254  INFO thumbor: Finished processing: image size 52674
```

这个版本目前是一个没有详细优化过的版本，性能已经足够好。而且，像 Thumbor 这样的图片服务，前面还有 CDN（Content Distribution Network）扛压力，只有 CDN 需要回源时，才会访问到，所以也可以不用太优化。



最后来看看目标完成得如何。如果不算 protobuf 生成的代码，Thumbor 这个项目，到目前为止我们写了 324 行代码：

```
❯ tokei src/main.rs src/engine/* src/pb/mod.rs
-------------------------------------------------------------------------------
 Language            Files        Lines         Code     Comments       Blanks
-------------------------------------------------------------------------------
 Rust                    4          394          324           22           48
-------------------------------------------------------------------------------
 Total                   4          394          324           22           48
-------------------------------------------------------------------------------
```

复制代码

三百多行代码就把一个图片服务器的核心部分搞定了，不仅如此，还充分考虑到了架构的可扩展性，用 trait 实现了主要的图片处理流程，并且引入了缓存来避免不必要的网络请求。虽然比我们预期的 200 行代码多了 50% 的代码量，但我相信它进一步佐证了 Rust 强大的表达能力。

而且，**通过合理使用 protobuf 定义接口和使用 trait 做图片引擎，未来添加新的功能非常简单**，可以像搭积木一样垒上去，不会影响已有的功能，完全符合开闭原则（Open-Closed Principle）。

作为一门系统级语言，Rust 使用独特的内存管理方案，零成本地帮我们管理内存；作为一门高级语言，Rust 提供了足够强大的类型系统和足够完善的标准库，帮我们很容易写出低耦合、高内聚的代码。

小结

今天讲的 Thumbor 要比上一讲的 HTTPie 难度高一个数量级（完整代码在 GitHub repo ），所以细节理解不了不打紧，但我相信你会进一步被 Rust 强大的表现力、抽象能力和解决实际问题的能力折服。

比如说，我们通过 Engine trait 分离了具体的图片处理引擎和主流程，让主流程变得干净清爽；同时在处理 protobuf 生成的数据结构时，大量使用了 From/ TryFromtrait 做数据类型的转换，也是一种解耦（关注点分离）的思路。

听我讲得这么流畅，你是不是觉得我写的时候肯定不会犯错。其实并没有，我在用 axum 写源图获取的流程时，就因为使用 Mutex 的错误而被编译器毒打，花了些时间才解决。

但这种毒打是非常让人心悦诚服且快乐的，因为我知道，**这样的并发问题一旦泄露到生产环境，解决起来大概率会毫无头绪，只能一点点试错可能有问题的代码**，那个时候代价就

远非和编译器搏斗的这十来分钟可比了。

所以只要你入了门，写 Rust 代码的过程绝对是一种享受，绝大多数错误在编译时就被揪出来了，你的代码只要编译能通过，基本上不需要担心它运行时的正确性。

也正是因为这样，在前期学习 Rust 的时候编译很难通过，导致我们直观感觉它是一门难学的语言，但其实它又很容易上手。这听起来矛盾，但确实是我自己的感受：它之所以学起来有些费力，有点像讲拉丁语系的人学习中文一样，**要打破很多自己原有的认知，去拥抱新的思想和概念**。但是只要多写多思考，时间长了，理解起来就是水到渠成的事。

思考题

之前提到通过合理使用 protobuf 定义接口和使用 trait 做图片引擎，未来添加新的功能非常简单。如果你学有余力，可以自己尝试一下。

我们看如何添加新功能：

首先添加新的 proto，定义新的 spec

然后为 spec 实现 SpecTransform trait 和一些辅助函数

最后在 Engine 中使用 spec

如果要换图片引擎呢？也很简单：

添加新的图片引擎，像 Photon 那样，实现 Engine trait 以及为每种 spec 实现 SpecTransform Trait。

在 main.rs 里使用新的引擎。

欢迎在留言区分享你的思考，如果你觉得有收获，也欢迎你分享给你身边的朋友，邀他一起挑战。你的 Rust 学习第五次打卡成功，我们下一讲见！

分享给需要的人，Ta订阅后你可得 20 元现金奖励

赞 20 提建议

© 版权归极客邦科技所有，未经许可不得传播售卖。 页面已增加防盗追踪，如有侵权极客邦将依法追究其法律责任。

上一篇 04｜get hands dirty：来写个实用的CLI小工具

下一篇 06｜get hands dirty：SQL查询工具怎么一鱼多吃？

精选留言 (17)

写留言

葡萄
2021-09-01

看老师的项目，语言已经不是最重要的了。思路和组织结构真是赏心悦目。

作者回复: 谢谢赏识。我希望这门课不光能教会大家语言本身，更重要的是如何用语言提供的能力优雅地解决实际问题。有的人能用 C 写出面向对象的代码；有的人能用 Java 写出 Fortran 的感觉。Rust 为我们提供了强大的抽象能力，我们要用好它。:)

1 15

pedro
2021-09-01

最让人无法接受的点：

```shell
du -h -d 1 ./target
395M    ./target/rls...
```

展开

作者回复: 如果你觉得每个项目都有个 target，项目多了不好清理，那么可以编辑 ~/.cargo/config，让所有项目的编译结果都放在同一个目录下（不过这样无法同时编译多个项目，cargo 有文件锁）：

```
[build]
target-dir = "/Users/tchen/.target"
```

如果你觉得编译后的结果太大，倒也不用担心，release build 比较小，目前 9M，这里还可以用

很多方法进一步优化：

```
❯ ls -l ~/.target/release/thumbor
-rwxr-xr-x 2 tchen staff 9562656 Aug 30 12:09 /Users/tchen/.target/release/thumbor*
```

至于如果你觉得编译的中间文件太大，nodejs 的 node_modules，python 的 virtualenv，都是吃磁盘的主。:)

5

Fan
2021-09-01

逻辑清晰，喜欢这种教学方式。从项目，问题入手，也不是纠结于语法细节。

作者回复: 👍

5

茶底
2021-09-01

逻辑清晰，泪目了，我咋就这么菜

展开

编辑回复: 哈哈大佬也是坚持不懈学出来的，看到差距就已经看到学习方向了，加油💪

3

Christian
2021-09-01

感概什么时候才能达到老师这样的高度？

展开

作者回复: 苦干，实干，巧干。让勤勉追上时间的脚步。:)

2

码生笔谈
2021-09-02

为什么在main.rs中并没有见到引入：
use tracing_subscriber;
use reqwest;
却可以直接使用？

作者回复: reqwest 和 tracing_subscriber 已经是顶级 namespace，如果你想直接使用 get，你可以 use reqwest::get，但你如果就是要通过 crate 名引入其功能，可以直接使用，就跟我们可以直接用 std::sync::Arc 一样。Rust 下只要你加了依赖，对应的依赖就可以访问了，不存在 import 的过程。use 只是简化 namespace。

1

老荀
2021-09-02

我有预感。这会是目前网上最少的Rust中文课程。期待

展开

编辑回复: 最好吧？

1 1

苏苏
2021-09-01

prost_build::Config::new()
failed to resolve: use of undeclared crate or module `prost_build`
not found in `prost_build`rustc

作者回复: 确保你在 Cargo.toml 中有：

```toml
[build-dependencies]
prost-build = "0.8"
```

你可以参考 github repo 上的代码。

1

Custer

2021-09-01

请问老师还有什么新的图片引擎吗？可以推荐一个吗？在 github 和 crates.io 上没有找到相似的，谢谢老师

作者回复: 几个选择：

- 你可以直接在 image 库上实现
- 使用 imagemagick: https://github.com/nlfiedler/magick-rust
- 使用 opencv: https://github.com/twistedfall/opencv-rust
- 使用 piet: https://github.com/linebender/piet
- 或者任何 C/C++ image 库（需要做一下 rust binding）

1

Geek_ff1914

2021-09-01

总有一天，我也会像你一样强！

展开

编辑回复: 加油

1

Geek_be0d87

2021-09-05

为什么我的必须把prost-build放到dependencies里 才可以找到包 在build-dependencies会找不到

作者回复: prost-build 只在 build.rs 中使用，所以只需要放在 build-dependencies 下。你可以比较下 github repo 里的源代码，看看哪里出了问题。

Michael

2021-09-03

Rust，相比起有运行时Go语言，运行效率不再话下。另外，作为现代系统级编程语言，在工程实践，依赖管理，相比起C、C++要好很多，但是比起Go稍微复杂一些。

语言学习难度还是挺大的，很多新概念，新名词都要理解，不过写起来还是挺爽的。用半年实践反复学习实践，希望能啃下这门语言。...

展开

作者回复: 嗯，会的，后续的文章我们紧扣数据结构在栈和堆上的关系展开，我觉得这很重要，但似乎没有人这样讲解。接下来的课程你会慢慢看到的。

1

0@1

2021-09-02

讲Rust最好的老师，没有之一了

展开

作者回复: 过奖了，我得继续努力才能配得上这个称赞 :)

鱼龙帅

2021-09-02

为啥我访问的就没有那么快？每次都是要10秒左右才来，显示是有match cache,但是还是都挺久的，哪里的姿势不对

展开

作者回复: 你是编译成 release 了么？

cargo build --release

在某些计算量特别大的库（比如图片库）下，debug build 和 release build 的差别非常大。

1

空格

2021-09-02

陈老师，像 rust 能不能支持 wasm 在浏览器端计算大文件的 crc64 值

作者回复: 可以，如果文件在内存中，crc64 是纯计算

大哉乾元
2021-09-02

从嵌入式过来的，涉及到web相关的东西就有点抓瞎，请问下老师这方面除了http协议外一般还需要哪方面的背景知识，有推荐的资料不？

展开

作者回复: 1. HTTP 协议需要基本了解（请求和响应长什么样子，都有什么方法（GET, POST, PUT, DELETE, PATCH, HEAD 等），HTTP 头（比如 content-type），状态码，MIME 类型，如何做 content negotiation 等）
2. Request / Response 模型需要了解
3. 一般的 web 框架的路由结构，middleware 结构和并发处理模型需要了解

建议了解 http 协议后，简单看某个 web 框架的文档，比如 expressjs：https://expressjs.com/en/guide/routing.html
4.

2

Custer
2021-09-01

添加新功能：
1. 首先添加新的 proto
```proto
message PaddingBottom {
  uint32 x = 1;...
```
展开

作者回复: Wow，你是第一个把思考题答案贴出来的！看得出理解了代码，并且还研究了一下 photon_rs 的能力。非常棒！

1 1